

APLIKASI KONTROL PID UNTUK PENGATURAN POSISI MOTOR DC PADA PISAU PEMOTONG ALAT PEMBAGI ADONAN ROTI (DOUGH DIVIDER)

Muhammad Rinaldy Dwi Putra, M.Aziz Muslim, Retnowati.

Abstrak - Pembagian adonan merupakan salah satu tahap pembuatan roti yang paling berpengaruh terhadap kualitas roti yang dihasilkan. Membentuk adonan menjadi bulatan-bulatan sebesar bola tenis merupakan cara manual yang masih digunakan oleh Usaha Kecil Menengah (UKM) MR Bakery. Besar kecil bulatan adonan yang mereka tentukan dengan perasaan menjadikan besar kecilnya adonan yang dihasilkan tidak sama. Hal ini menyebabkan roti yang dihasilkan tidak sama, dan berakibat pada kurang diminatinya di pasaran.

Dough Divider alat otomatisasi pembagi adonan roti merupakan salah satu alat yang dirancang untuk membagi adonan secara otomatis. Berdimensi 60×30×40 cm selain dapat membagi dengan ukuran yang sama diharapkan juga dapat mempercepat proses pembagian adonan.

Dari hasil pengujian tuning PID didapatkan nilai K_p , K_i dan K_d yang paling optimal dengan indikasi respon fungsi sudut terhadap waktu yang mendekati set point. Nilai $K_p=4,2$, $K_i=0,5$ dan $K_d=7,5$. Dan dari hasil pengujian sistem secara keseluruhan didapatkan berat potongan rata-rata adalah sebesar

Kata Kunci: Pisau Pemotong, PID, Adonan Rata-Rata

I. PENDAHULUAN

JUMLAH pekerja dan pelajar di kotamadya dan kabupaten Malang terbilang banyak meskipun kotanya kecil. Rutinitas harian membuat mereka membutuhkan makanan berkarbohidrat yang siap santap dan cepat saji. Hal ini dilakukan demi efisiensi waktu. Berdasarkan alasan tersebut, banyak Usaha Kecil Menengah (UKM) pembuatan roti yang tumbuh dan lebih berkembang di kotamadya dan kabupaten Malang. Akan tetapi, UKM tersebut sering kalah bersaing dengan pengusaha bermodal besar. Pengusaha bermodal besar seringkali bisa menguasai pasar karena peralatan mereka lebih canggih daripada UKM. Pada kebanyakan UKM proses pembuatan masih bersifat manual, yaitu mengandalkan tenaga manusia.

Salah satu UKM pembuat roti manis yang ada di kota Malang adalah MR BAKERY berada di jalan I.R. Rais Gang 7 Nomor 125. Usaha pembuatan roti manis yang berdiri sejak tahun 2005 ini masih menggunakan cara konvensional dalam proses pembuatan roti manis. Pada proses pembagian adonan roti menjadi bentuk yang kecil-kecil, mereka membentuk adonan itu menjadi bulatan-bulatan sebesar bola tenis, yang besar kecilnya mereka ukur dengan memakai perasaan. Sehingga ukuran roti yang dihasilkan kebanyakan tidak sama.

Alat pembagi adonan roti sebenarnya juga sudah tersedia dijual di pasaran, Alat pembagi adonan ini juga dikerjakan secara manual. Adonan yang sudah kalis

diratakan dalam sebuah tempat kemudian diiris menggunakan cetakan dalam bentuk persegi. Proses ini lebih membutuhkan waktu yang lama sehingga tidak efisien.

Berdasarkan alasan tersebut diatas, maka timbul suatu ide untuk membuat suatu alat pembagi adonan roti otomatis yang cepat dan adonan roti yang dihasilkan mempunyai ukuran yang sama. Prinsip kerja alat ini terinspirasi dari proses pembuatan bakso. Ketika adonan bakso dalam tangan ditekan maka akan keluar melalui lubang antara ibu jari dan jari telunjuk, dan ketika ukuran adonan yang keluar dirasa cukup besar dipotong menggunakan sendok makan. Dengan proses seperti ini pula alat pembagi adonan roti akan dibuat.

Selain MR Bakery, di kota Malang terdapat empat usaha pembuatan roti manis dengan jenis roti, rasa, dan bentuk yang sama, yaitu:

- 1) REZA BAKERY Jalan lesti 1 blok D Nomor 42 RT 8 RW 6 kelurahan Bunulrejo kota Malang.
- 2) HORSON BAKERY Jalan Suropati Gang 2 Bululawang Kab.Malang
- 3) ABADI BAKERY Jalan Raya pasar pakisaji Kab. Malang
- 4) NR BAKERY Jalan Kecipir

Proses pembagian adonan roti yang mereka gunakan juga sama, yaitu membagi adonan dengan membentuk bulatan-bulatan sebesar bola tenis yang besar kecilnya diukur menggunakan ketajaman instink mereka.

Dengan terciptanya alat pembagi adonan roti ini, diharapkan dapat membantu kelima pengusaha roti manis dalam menjalankan proses bisnis mereka, sehingga diharapkan dapat bersaing dengan pengusaha roti berskala besar.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sensor ultra sonic

Sensor ultrasonik yang dipakai dalam penelitian ini adalah sensor PING))) produksi Parallax yang berupa modul siap pakai lengkap dengan pengirim dan penerima. Sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi jarak dengan frekuensi 40 kHz. Sinyal data sensor PING))) ini akan masuk ke kaki mikrokontroler.

B. Kontroler PID

Sistem pengendalian dirancang untuk melakukan dan menyelesaikan tugas tertentu. Syarat utama sistem pengendalian adalah harus stabil. Disamping kestabilan mutlak, maka sistem harus memiliki kestabilan secara relatif, yakni tolok ukur kualitas kestabilan sistem

dengan menganalisis sampai sejauh mana batas-batas kestabilan sistem tersebut jika dikenai gangguan (Ogata.K.,1997). Selain itu analisis juga dilakukan untuk mengetahui bagaimana kecepatan sistem dalam merespon *input*, dan bagaimana peredaman terhadap adanya lonjakan (*over shoot*).

C. Potensio meter linier

Potensiometer adalah resistor tiga terminal dengan sambungan geser yang membentuk pembagi tegangan dapat disetel. Jika hanya dua terminal yang digunakan (salah satu terminal tetap dan terminal geser), rheostat. Potensiometer biasanya digunakan untuk mengendalikan peranti elektronik seperti pengendali suara pada penguat. Potensiometer yang dioperasikan oleh suatu mekanisme dapat digunakan sebagai *transducer*, misalnya sebagai sensor *joystick*.

III. METODOLOGI

Metode penyelesaian masalah diperlukan untuk menyelesaikan rumusan masalah dan merealisasikan tujuan penelitian yang terdapat di bab pendahuluan. Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk merealisasikan alat yang akan dibuat adalah sebagai berikut:

1. Spesifikasi alat
2. Perancangan dan realisasi pembuatan alat
3. Pengujian alat
4. Pengambilan kesimpulan

IV. PERANCANGAN SISTEM

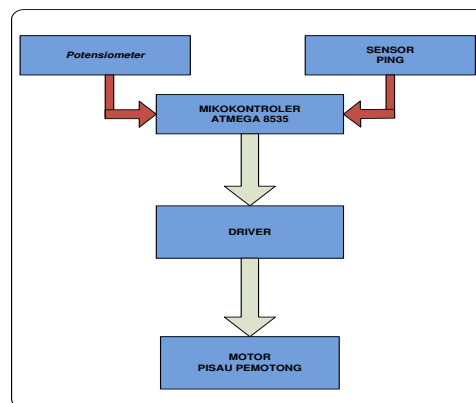
A. Tinjauan Umum

Perancangan dan pembuatan dalam skripsi ini bertujuan untuk merancang pengontrolan pisau pemotong adonan roti. Perancangan tersebut meliputi perancangan perangkat keras maupun perancangan perangkat lunak. Sedangkan pembuatan bertujuan untuk menghasilkan adonan roti yang mempunyai ukuran dan berat yang sama pada tiap potongannya.

Perancangan sistem *dough divider* dirancang dengan spesifikasi sebagai berikut :

- 1). Sumber tegangan DC 5 V, 12 V dan 24 V.
- 2). Mikrokontroller ATmega8535 berfungsi sebagai pengendali kerja sensor limit switch, sensor jarak PING.
- 3). LCD 2x16 digunakan sebagai display untuk pengaturan *tuning* PID.
- 4). Dalam alat ini digunakan PING *Ultrasonik* sebagai sensor jarak sebagai penentu panjang adonan yang siap dipotong.
- 5). Pisau pemotong digerakkan oleh sebuah motor DC.
- 6). Menggunakan sebuah motor DC 24 V 3 A sebagai penggerak pisau pemotong.

Perancangan blok diagram sistem seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 1.



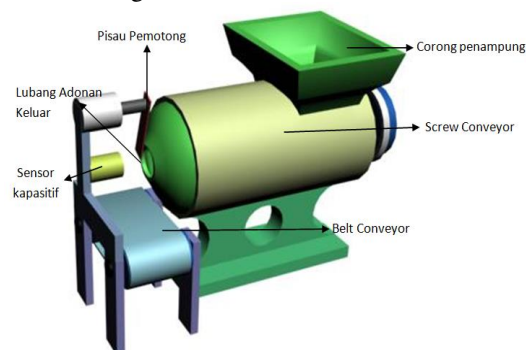
Gambar 1. Diagram Blok Sistem Pisau Pemotong Adonan Roti
Sumber : Perancangan

Keterangan dari diagram blok dalam Gambar 1:

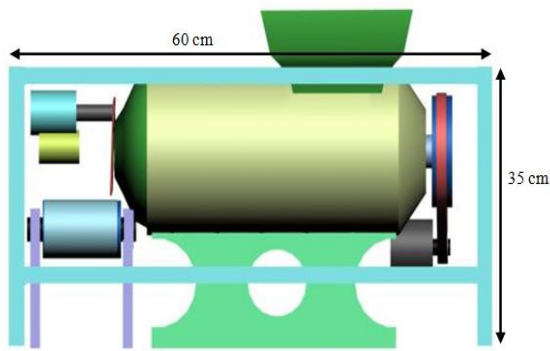
- 1). Blok Input
Blok ini berisi potensiometer linier dan sensor PING *Ultrasonik*. potensiometer digunakan sebagai penanda sudut motor berhenti. Sensor PING *Ultrasonik* digunakan sebagai pendeteksi jarak adonan roti dengan pisau pemotong.
- 2). Blok Sistem Mikrokontroler
Mikrokontroler yang digunakan adalah mikrokontroler ATmega8535. Fungsi dari mikrokontroler ini adalah untuk mengontrol kecepatan putaran motor pisau pemotong secara PID.
- 3). Blok Motor DC
Dalam sistem pisau pemotong adonan ini menggunakan motor DC yang dikendalikan oleh sebuah driver motor.

B. Perancangan dough divider

Bagian mekanik alat ini dibuat sedemikian rupa sehingga dengan bentuk yang seminimal mungkin, alat ini bisa menghasilkan keluaran yang maksimal dan dapat direalisasikan langsung pada UKM MR Bakeri. Ukuran dari alat juga disesuaikan dengan tersedianya bahan-bahan di lapangan. Gambar perspektif dan perancangan ukuran *dough divider* ditunjukkan dalam Gambar 2 dan gambar 3.



Gambar 2. Prespektif Desain Mekanik Dough divider
Sumber : Perancangan



Gambar 3. Dough divider Tampak Samping
Sumber Perancangan

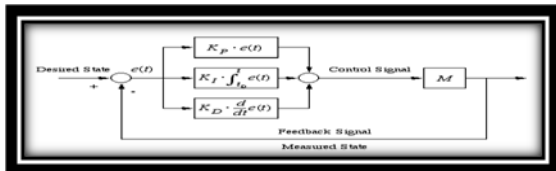
C. Kontroler Proporsional Integral Differensial (PID)

Setiap kekurangan dan kelebihan dari masing-masing kontroler P,I dan D dapat saling menutupi dengan menggabungkan ketiganya secara paralel menjadi kontroler proporsional integral differensial (PID). Elemen-elemen kontroler P,I dan D masing-masing secara keseluruhan bertujuan untuk mempercepat reaksi sebuah sistem, menghilangkan *offset* dan menghasilkan perubahan awal yang besar (Gunterus, 1994, 8-10). Kontroler PID memiliki diagram kendali seperti yang ditujukan dalam Gambar 4.

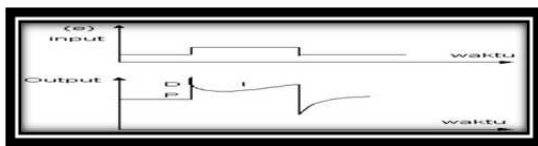
Aksi kontrolnya dinyatakan sebagai:

$$m(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

Jenis kontroler ini digunakan untuk memperbaiki kecepatan respon, mencegah terjadinya kesalahan keadaan mantap serta mempertahankan kestabilan.



Gambar 4 Diagram blok kontroler PID



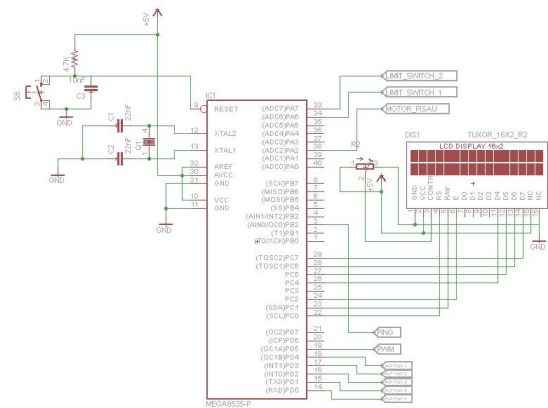
Gambar 5 Hubungan fungsi waktu antara sinyal keluaran dan sinyal masukan kontroler PID
Sumber: Gunterus, 1994:8-11

Keluaran kontroler PID merupakan penjumlahan dari keluaran kontroler proporsional, integral dan differensial. Gambar diatas menunjukkan hubungan tersebut. Karakteristik kontroler PID sangat dipengaruhi oleh kontribusi besar dari ketiga parameter P,I dan D. Penyetelan konstanta K_p , T_i dan T_d akan mengakibatkan penonjolan sifat dari masing-masing elemen. Satu atau dua dari ketiga konstanta tersebut dapat disetel lebih menonjol dibanding yang lain. Konstanta yang menonjol itulah yang akan memberikan

kontribusi pengaruh pada respon sistem secara keseluruhan (Gunterus, 1994, 8-10).

D. Rangkaian Rangkaian Mikrokontroler Dough Divider

Board mikrokontroler merupakan rangkaian utama dari sistem PID pisau pemotong adonan roti. Di dalam board ini mikrokontroler terhubung langsung dengan sensor PING Ultrasonic, Limit Switch, LCD, Push Button. sehingga menjadi satu dengan board utama. Mikrokontroler menggunakan ATMEGA 8535. Rangkaian board utama dapat dilihat dalam Gambar 6:



Gambar 6. Rangkaian Board Mikrokontroler
Sumber : Perancangan

Mikrokontroler 8535 memiliki 32 jalur yang dapat diprogram menjadi keluaran atau masukan. Pin masukan dan keluaran mikrokontroler pada perancangan akan difungsikan sesuai dengan Tabel 1.

Tabel 1. Fungsi pin mikrokontroler

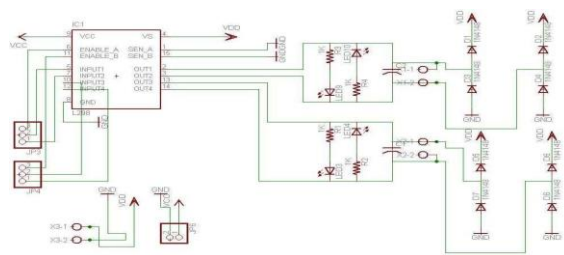
| No | Pin | Fungsi |
|----|-----|--------------------------------------|
| 1 | A.6 | Sebagai input sensor Potensiometer. |
| 2 | A.5 | Sebagai output driver L298N |
| 3 | A.4 | Sebagai output driver L298N |
| 4 | B.2 | Sebagai input sensor PING Ultrasonic |
| 5 | C.0 | Sebagai output pin RS LCD |
| 6 | C.1 | Sebagai output pin R/W LCD |
| 7 | C.2 | Sebagai output pin E LCD |
| 8 | C.4 | Sebagai output pin D4 LCD |
| 9 | C.5 | Sebagai output pin D5 LCD |
| 10 | C.6 | Sebagai output pin D6 LCD |
| 11 | C.7 | Sebagai output pin D7 LCD |
| 12 | D.5 | Sebagai Sinyal Kontrol Motor |
| 13 | D.4 | Sebagai input Push Button |
| 14 | D.3 | Sebagai input Push Button |
| 15 | D.2 | Sebagai input Push Button |
| 16 | D.1 | Sebagai input Push Button |
| 17 | D.0 | Sebagai input Push Button |

Sumber : Perancangan

E. Rangkaian Driver Motor Pisau Pemotong

Dalam perancangannya motor DC yang digunakan memiliki catu tegangan sebesar 24 V. Untuk mengontro

arah putaran motor dan kecepatan motor digunakan *driver* motor L298N. Skema rangkaian *driver* motor L298N ditunjukkan dalam Gambar 7.

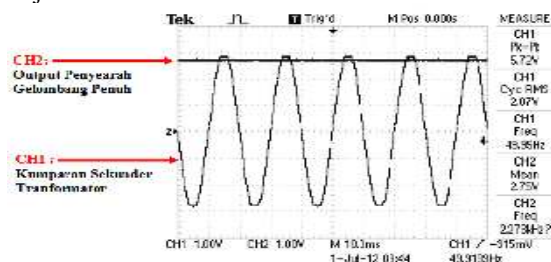


Gambar 7. Rangkaian *Driver* Motor
Sumber : Perancangan

V. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

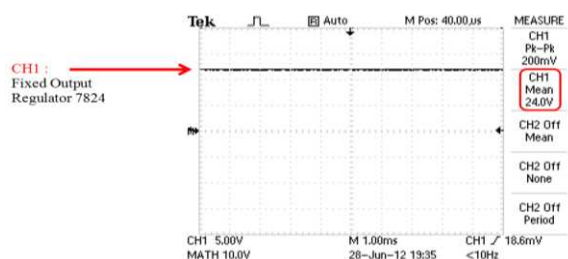
A. Pengujian Catu Daya Sistem

Pengujian dilakukan dengan menggunakan osiloskop TEKTRONIX TDS-1012B. Pengujian pertama dilakukan untuk mengamati tegangan masukan dan keluaran penyearah gelombang penuh. *Channel 1* osiloskop dihubungkan dengan kumparan sekunder transformator sebagai masukan ke penyearah gelombang penuh, sedangkan *channel 2* osiloskop dihubungkan dengan keluaran penyearah gelombang penuh. Pengujian rangkaian penyearah gelombang penuh ditunjukkan dalam Gambar 8.



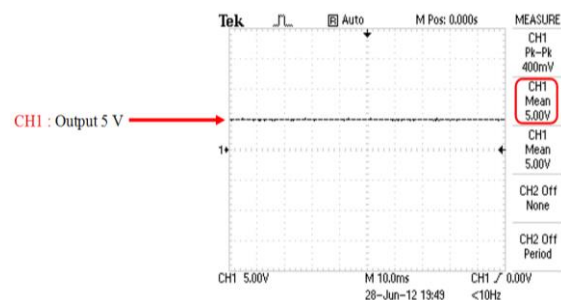
Gambar 8. Sinyal Penyearah Gelombang Penuh

Hasil pengujian keluaran fixed output regulator 7824 ditunjukkan dalam Gambar 9.



Gambar 9. Sinyal Keluaran Fixed Output Regulator 7824

Hasil pengujian catu daya tegangan 5V ditunjukkan dalam Gambar 10.



Gambar 10. Sinyal Keluaran Sumber Tegangan 5V

B. Pengujian Respon Driver Motor L298N

Pengujian arah putaran motor dilakukan dengan cara memberikan instruksi logika diskrit pada driver motor L298N. Dengan memberi masukan sinyal arah motor 1 atau 0 ke *driver* motor L298N maka di dapatkan hasil pengujian pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Respon Driver Motor L298N

| PIN A.5 | PIN A.4 | Pengujian yang Diharapkan | Arah Gerak Motor |
|---------|---------|---------------------------|------------------|
| 1 | 0 | CW | CW |
| 0 | 1 | CCW | CCW |

Pada Tabel 2 dapat diketahui bahwa respon *driver* motor L298N terhadap masukan sinyal arah pada mikrokontroler berjalan sesuai perancangan yang diharapkan. sehingga dapat disimpulkan bahwa *driver* motor L298N dapat bekerja dengan baik saat mendapatkan sinyal logika arah dari mikrokontroler.

Pengujian respon driver motor L298N dilakukan dengan membandingkan sinyal PWM mikrokontroller dengan keluaran driver motor. Hasil pengujian respon driver motor ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Respon Driver Motor L298N

| Duty Cycle PWM MK | Duty Cycle keluaran <i>driver</i> | Duty Cycle Selisih |
|-------------------|-----------------------------------|--------------------|
| 0% | 0% | 0% |
| 10% | 13,8% | 3,8% |
| 20% | 23,8% | 3,8% |
| 30% | 32,7% | 2,7% |
| 40% | 43,2% | 3,2% |
| 50% | 52,7% | 2,7% |
| 60% | 62,9% | 2,9% |
| 70% | 72,4% | 2,4% |
| 80% | 82,4% | 2,4% |
| 90% | 91,8% | 1,8% |
| 100% | 100% | 0% |

Selisih *duty cycle* rata-rata 2,3%

Berdasarkan Tabel, pada setiap pengujian terdapat selisih *duty cycle* keluaran rata-rata sebesar 2,3%. Hal ini disebabkan karena akumulasi *delay* yang terjadi pada seluruh rangkaian. Selesih rata-rata 2,3% cukup bagus dan efisien karena tidak memberikan pengaruh yang besar pada kinerja sistem yang dirancang, sehingga dapat disimpulkan bahwa *driver* motor L298N dapat bekerja dengan baik saat mendapatkan sinyal PWM dari mikrokontroler.

C. Pengujian Sensor Potensiometer

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kerja dari sensor potensiometer untuk mendeteksi posisi dalam derajat ($^{\circ}$). Pengujian dilakukan dengan cara merubah sudut dari pisau pemotong kemudian pembacaan sensor dibaca melalui pin ADC mikrokontroler. Hasil pengujian ditunjukkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Data Sensor Ultrasonik

| Sudut | Pembacaan ADC |
|------------------|---------------|
| 0 ⁰ | 95 |
| 10 ⁰ | 101 |
| 20 ⁰ | 106 |
| 30 ⁰ | 110 |
| 40 ⁰ | 116 |
| 50 ⁰ | 121 |
| 60 ⁰ | 125 |
| 70 ⁰ | 130 |
| 80 ⁰ | 134 |
| 90 ⁰ | 139 |
| 100 ⁰ | 145 |
| 110 ⁰ | 149 |
| 120 ⁰ | 155 |
| 130 ⁰ | 161 |
| 140 ⁰ | 165 |
| 150 ⁰ | 170 |
| 160 ⁰ | 175 |
| 170 ⁰ | 181 |
| 180 ⁰ | 186 |

D. Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah pembacaan sensor sesuai dengan jarak sesungguhnya. Hasil pengujian yang diperoleh melalui beberapa kali pengambilan data ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5.. Hasil Pengujian Data Sensor Ultrasonik

| Pengujian ke- | Jarak Uji (cm) | Perulangan 1 | Perulangan 2 | Perulangan 3 |
|---------------|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | Jarak Terukur (cm) | Jarak Terukur (cm) | Jarak Terukur (cm) |
| 1 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 2 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 3 | 15 | 15 | 15 | 15 |

| | | | | |
|----|----|----|----|----|
| 4 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 5 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| 6 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| 7 | 35 | 35 | 35 | 35 |
| 8 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| 9 | 45 | 45 | 45 | 45 |
| 10 | 50 | 50 | 50 | 50 |

Berdasarkan Tabel 5, dapat diperoleh hasil bahwa pada sistem hanya digunakan data jarak dengan nilai desimal didepan koma sehingga dapat disimpulkan bahwa pada sistem yang dirancang, kesalahan pengukuran yang terjadi adalah nol.

E. Pengujian LCD 2x16 Karakter

Pegujian modul LCD bertujuan untuk mengetahui keberhasilan LCD menampilkan tulisan sesuai dengan perangkat lunak yang terdapat dalam mikrokontroler. Dalam pengujian ini, LCD dapat menampilkan tulisan “JUMLAH POTONGAN” pada baris pertama dan “ADALAH = 6” pada baris kedua. Tampilan hasil pengujian modul LCD ditunjukkan dalam Gambar 11.

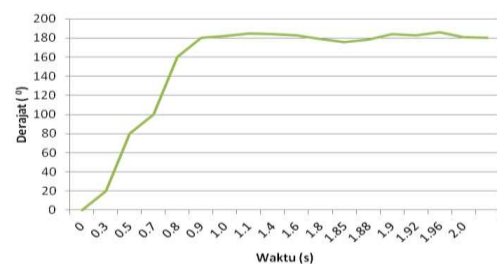


Gambar 11. Sinyal Keluaran Sumber Tegangan 5V

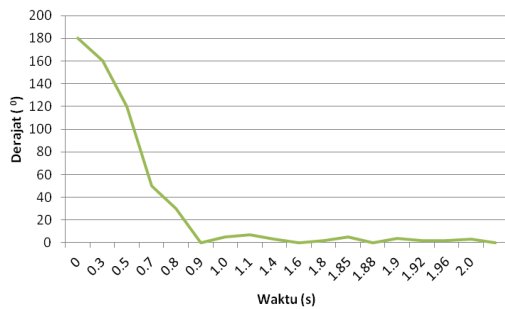
Dari hasil pengujian dapat dianalisis bahwa modul LCD dan perangkat lunak yang telah dibuat dapat bekerja sesuai dengan perancangan yang diinginkan.

F. Pengujian Tuning Kontroller PID

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mencari nilai parameter kontrol PID (Kontrol proporsional, kontrol integral dan kontrol diferensial) dengan menggunakan metode pertama Osilasi Ziegler-Nichols secara *hand tuning*. Dari hasil pengujian hand tuning dengan mengatur nilai Kp, Ki dan Kd didapatkan respon yang paling mendekati *set point* adalah Kp=4,2, Ki=0,5 dan Kd=7,5. Grafik hasil pengujian respon tuning PID dalam mode gerak CW dari sudut 0⁰ sampai 180⁰ dan mode gerak CCW dari sudut 180⁰ sampai 0⁰ ditunjukkan dalam Gambar 12 dan Gambar 13



Gambar 12. Grafik Respon Posisi Potensiometer Terhadap Waktu Dalam Mode Gerak CW.



Gambar 13. Grafik Respon Posisi Potensiometer Terhadap Waktu Dalam Mode Gerak CCW.

Dari hasil pengujian pada gambar 10 dan gambar 11 terlihat bahwa dengan menggunakan kontroler PID pisau pemotong adonan roti dapat bergerak dengan baik. Terbukti dari grafik respon posisinya yang selalu mendekati *set point* sudut yang di *setting* 0^0 dan 180^0 .

G. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan bertujuan untuk mengetahui apakah dengan menggunakan kontroler PID pada pisau pemotong adonan roti dapat dihasilkan potongan adonan roti yang sama besarnya. Indikasi yang dapat dilihat dari potongan adonan roti adalah dengan mengukur berat masing-masing potongan adonan roti setelah dipotong oleh pisau pemotong. Hasil pengujian sistem secara keseluruhan ditunjukkan dalam tabel 6

Tabel 6. Hasil pengujian keseluruhan

| Potongan Ke- | Berat (gram) |
|------------------------|--------------|
| 1 | 70 |
| 2 | 69 |
| 3 | 71 |
| 4 | 73 |
| 5 | 72 |
| 6 | 70 |
| 7 | 74 |
| 8 | 71 |
| 9 | 73 |
| 10 | 70 |
| Berat Rata-Rata | 71.3 |

Dari pengujian sistem secara keseluruhan didapatkan nilai berat potongan rata-rata adalah sebesar 71.6 gram.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

- 1) Perancangan sistem catu daya 5 V, 12 V, dan 24 V berfungsi dengan baik. Kesalahan pada catu daya 5 V adalah 0%, catu daya 12 V adalah 0,83%, dan catu daya 24 V adalah 0 %..
- 2) Rangkaian antarmuka mikrokontroler dengan sensor potensiometer berfungsi dengan baik. Mikrokontroler dapat menerima sinyal dari sensor potensiometer dan juga mikrokontroler dapat menerima sinyal dari sensor ultrasonik yang kemudian dikontrol secara PID.
- 3) Dari pengujian tuning PID secara *hand tuning* didapatkan nilai $K_p=4,2$, $K_i=0,5$ dan $K_d=7,5$.

Dimana respon dari sistem mendekati *set point* sudut yang ditentukan.

- 4) Dari pengujian sistem secara keseluruhan didapatkan nilai berat potongan rata-rata adalah sebesar 71.3 gram.

B. Saran

Saran-saran dalam pengimplementasian maupun peningkatan unjuk kerja sistem ini dapat diuraikan sebagai berikut:

Penggunaan sistem pengontrol yang lebih baik yang bisa tahan uji dalam skala industri untuk meningkatkan life time sistem secara keseluruhan.

Penggunaan rotary encoder sebagai sensor kecepatan motor sehingga dapat dikontrol supaya potongan adonan lebih presisi

Penggunaan sensor berat pada belt conveyor supaya mengetahui berat tiap potongan adonan roti

DAFTAR PUSTAKA

- Andi Nalwan, Paulus. 2004. *Penggunaan dan Antarmuka Modul LCD M1632*. Jakarta: PT Elek Media Komputindo Kelompok Gramedi.
- Gunterus, Frans: *Falsafah Dasar: Sistem Pengendalian Proses*, jakarta: PT. Elex Media Komputindo, Jakarta, 1994
- Mudjajanto Setyo Eddy, Yulianti Noor Lilik.1994. *Membuat Aneka Roti*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Ogata, Katsuhiko. 1997. *Teknik Kontrol Automatik (Sistem Pengaturan)*. Erlangga. Jakarta.
- Soloman, Sabrie. 2010. *Sensors and Control Systems in Manufacturing*. United States: McGraw-Hill Companies.
- Winoto, Ardi. 2008. *Mikrokontroler AVR Atmega8/16/32/8535 dan pemrogramannya dengan Bahasa C pada WinAVR*. Bandung: Informatika.